

• 研究前沿(Regular Articles) •

强联觉的认知加工模型及其脑机制*

刘思耘

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室; 湖北省人的发展与心理健康重点实验室(华中师范大学);
华中师范大学心理学院, 武汉 430079)

摘要 联觉是当个体感受到一种感觉刺激的同时体验到其它感觉的现象, 主要分为强联觉和弱联觉两种。本文主要介绍了强联觉的各种类型及其相关脑机制的研究, 分析和比较了前人从结构和认知加工角度建构的多个强联觉理论模型, 总结了这些模型对强联觉现象脑神经机制的解释。同时本文还探讨了强联觉与其它(如注意、记忆、创造力等)认知加工过程的关系, 对弱联觉(即联觉隐喻)的研究进展和不足也进行了分析和总结, 指出未来对联觉的研究趋势应集中在弱联觉的研究上。

关键词 (强/弱)联觉; 联觉模型; 联觉隐喻

分类号 B842

1 引言

人类与外部世界的接触是从各种感知觉开始的, 不同感官为个体所带来的感觉体验是不同的, 而这些不同的体验是大脑不同的认知加工方式造成的, 因此探讨各种感知觉现象及其相应体验并揭示其内在本质是非常重要的。联觉(synesthesia)是指当个体受到来自一种感觉通道的刺激时会同时自动体验到另外一种感觉的现象(Salzinger, 2010; Ward & Cytowic, 2006), 如看到某种颜色的同时会听到某种声音, 品尝食物或听音乐时会看到明显的色彩, 感觉疼痛时会看到某种颜色, 等等。联觉分为强联觉和弱联觉两种(Salzinger, 2010; Martino & Marks, 2007)。强的联觉体验只有少数人才有, 其几率仅为 0.05%, 且女性多于男性(Mulvenna & Walsh, 2005)。联觉者的联觉能力通常是终身的, 且有遗传性(Pearce, 2007)。研究者们把引起强联觉的刺激叫做“诱因”(inducer), 把同时体验到的知觉叫做“同存”(concurrent), 最常见

的同存是颜色(color) (Ward, Simner, & Auyeung, 2005)。研究发现联觉所持续的时间是有差异的(Ward & Mattingley, 2006), 有些只出现在知觉层面, 而有些则保持到了概念层面; 因此如果持续时间较短的话, 会发生同存和诱因早期一致而后期不一致的情况, 而在不一致的情况下同存会阻碍诱因刺激的加工。

联觉现象的普遍程度在一开始是被低估的(Baron-Cohen, Burt, Smith-Laittan, Harrison, & Bolton, 1996), 后来人们发现 23 人中就可能有 1 人拥有至少一种类型的联觉能力(Simner et al., 2006), 由此人们对联觉的关注和研究才日益重视起来。但这种普遍性还只是针对强联觉而言, 对于弱联觉来说, 其普遍程度要更高。弱联觉主要出现在各类文体的写作、日常用语以及对跨通道联觉现象描述的欣赏中(Martino & Mark, 2007)。弱联觉在语言中的具体表现是用语言文字描述多个通道的感觉, 客观上造成一种感觉向另一种感觉移动的情况, 如“甜蜜的声音”, “冰冷的脸色”, “刺鼻的气味”等普通常见短语; 而更为生动和有创意的弱联觉描述则出现在诸多文学作品中, 如:

(1)像知了坐在森林中的一棵树上, 倾斜下百合花也似的声音。——荷马史诗《伊利亚特》

收稿日期: 2011-07-14

* 湖北省人的发展与心理健康重点实验室开放项目(项目号: 201007)及中央高校基本科研业务费专项资金(项目号: CCNU11A02018)资助。

通讯作者: 刘思耘, E-mail: liusy@mail.ccnu.edu.cn

(2)自行车的铃声悬浮在空间

——舒婷《路遇》

(3)他的笑声……, 跳在空中蹦回到他脸上,
抽打他的面颊

——张爱玲《第二炉香》

在句子(1)中, 作者在听觉(知了的叫声)和视觉(白色的百合、百合的形状)、嗅觉(百合的花香)、触觉(倾斜导致的重感)之间创造了多感觉通道间的联觉; 在句子(2)中作者在听觉(铃声)和触觉(悬浮产生的较轻的压迫感)之间创造了联觉; 而在句子(3)中, 作者在听觉(笑声)和触觉(抽打产生的痛觉)、空间知觉(跳在空中蹦回来)等多个感觉间创造了联觉。而人们对这种不同类型及不同复杂程度的联觉形式所产生的相应的抽象体验有可能是不同的, 可能还会表现出不同的偏好程度、不同的情绪体验、不同的记忆效果等。

由于弱联觉的体验只在人们阅读到新颖的语言描述时才会比较明显, 而对于习惯化了的联觉短语(如: 甜蜜的笑声)人们一般很难意识到有这样的体验, 这可能是导致研究者对联觉的研究主要集中在强联觉类型以及相应脑机制问题上的主要原因。但随着高科技技术的发展以及研究者对大脑皮层激活状况观察手段的成熟, 未来对弱联觉现象的探讨必将逐步从纯粹的修辞分析法过渡到深层的认知加工及脑机制的探讨上。而这种可以预见的趋势将不仅可以完善对联觉现象及相关理论模型的探讨, 更可以促进语言研究的发展。

由于人们更早关注的是强联觉现象, 因此与强联觉有关的研究成果比弱联觉的研究成果要丰硕得多。本文首先回顾有关强联觉的类型、相关理论模型及其与其它认知能力的关系, 然后分析和讨论弱联觉的相关研究, 并探讨其未来研究发展趋势。本文的主要目的在于总结前人对强联觉的研究成果, 分析和讨论弱联觉研究发展的空间, 期望唤起更多研究者对弱联觉现象的兴趣和关注。

2 强联觉研究

2.1 强联觉类型

强联觉的类型有很多种, 迄今为止所发现的有 63 种, 其中比较常见的有 19 种(Ward & Cytowic, 2006)。而在常见的强联觉中, 最常见的是字形-颜色联觉(68.8%); 其次是时间-颜色联觉(23.3%)及各种声音-颜色联觉(音乐声音 19.2%;

一般声音 14%; 音乐音符 10.6%, 语音 10.6%)。除此之外, 还有颜色-味觉联觉(Bayarri, Calvo, Costell, & Duran, 2001); 颜色-嗅觉联觉(Zellner & Whitten, 1999); 颜色-温度联觉(Michael & Rolhion, 2008; Michael, Galich, Relland, & Prud'hon, 2010); 嗅觉-触觉或嗅觉-颜色联觉(Stevenson, Tomiczek, & Oaten, 2007); 颜色-触觉联觉和视觉-触觉联觉(Ward, Banissy, & Jonas, 2008); 视觉-听觉联觉(Hubbard, 2008); 时间-空间联觉(Brang, Teuscher, Ramachandran, & Coulson, 2010); 序列-空间联觉(Simner, 2009; Ward, Sagiv, & Butterworth, 2009); 味觉-形状联觉(Spence & Gallace 2011); 味觉-声音联觉(Spence & Gallace, 2011); 字词-味觉联觉: 诱导出包括味道、嗅觉和体觉成分的感觉, 如“jail”诱发出“冷硬的培根肉”的感觉(Simner & Haywood, 2009; Ward & Simner, 2003); 语音-味觉联觉(Ward & Cytowic, 2006); 辅音/元音-色彩联觉(Ward, Simner, & Auyeung, 2005)等等。字形-颜色联觉还有性别和人格方面信息(Simner & Hohenstein, 2007), 如 A 是蓝色的聪明女人, 3 是绿色的顽皮的男孩, 而且似乎数字越大颜色越深(Cohen Kadosh, Henik, & Walsh, 2007)。从所发现的这些强联觉类型中我们可以看出, 与颜色有关的联觉类型是最多的, 可以说视觉, 特别是颜色, 与其它所有感觉类型都有联觉的可能, 而其它感觉如嗅觉、味觉、触觉、听觉则似乎不是这样。这是一个值得人们深入探讨的现象, 我们要弄清楚为什么视觉与其它感觉通道的联觉最普遍, 而不是其它感觉类型。另外, 强联觉中最普遍的联觉类型在弱联觉中是否也是最普遍的呢? 如果是的话, 似乎可以推测出两者之间有相似的神经加工机制; 如果不是的话, 似乎表明弱联觉加工有其独特的地方。关于这些疑问, 我们最终需要研究者们提供确切的证据来进行论证。

2.2 强联觉神经机制

人类大脑在认知上具有模块化特征, 这个在认知科学界已基本达成共识, 即大脑无论从解剖学的角度还是功能的角度都已分化出特别的区域来加工特别的刺激, 以求达到最大的效率。但是模块和模块之间在某些情况下会出现共同激活的情况, 这是因为有些刺激包含有多种不同特征, 分别由不同模块来加工。但联觉的情况是在只有

一种类型刺激的情况下, 无关联的模块也会同时得到激活, 这是引起研究者浓厚兴趣的地方。

关于明显的强联觉现象人们想知道的是联觉者的联觉体验是真实的还是虚假的。当前的各种脑成像技术和手段为这个疑问提供了有力证据, 如人们用 fMRI 技术发现联觉者在知觉到所诱发的感觉时, 相应的脑区也有激活 (Spector & Maurer, 2009; Österbauer et al., 2005), 而且研究也发现调节联觉过程中的大脑联结和调节正常知觉过程的大脑联结是相似的, 两者共享相似的神经机制 (Spector & Maurer, 2009; Laeng, Hugdahl, & Specht, 2011)。但是两者在联结强度上有所区别, 如有研究采用弥散张量成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 方法发现导致联觉的是一种超联结 (hyperconnectivity), 相对于非联觉者来说, 这种联结更强 (Rouw & Scholte, 2007)。这些脑成像证据有力地证实了联觉的真实存在。

前人在使用了不同脑成像方法对强联觉的脑神经机制作了初步探讨后发现, 和强联觉有关的脑区主要在梭状回 (fusiform gyrus) (V4) (尤其在左 V4) 和顶叶 (程大志, 隋光远, 陈春萍, 2009; Esterman, Verstynen, Ivry, & Robertson, 2006; Spector & Maurer, 2009; Weiss & Fink, 2009; Noesselt et al., 2007); 但也有研究发现大脑的上颞沟 (superior temporal sulcus) 也有参与 (Noesselt et al., 2007)。但强联觉脑区激活定位的研究成果似乎与研究者所研究的强联觉类型有密切关系, 如梭状回 (V4) 区的发现就是因为大多数强联觉与颜色有关, 由此得到研究者最多的关注。但实际上还有很多其它类型的联觉现象, 虽然出现的频率不高, 但如果能够对其脑区激活进行探讨, 相信会有更多不同脑区的发现。

而在少量用 ERP 来探测联觉现象的研究中, 研究者利用一些公认的、标记正常认知功能的 ERP 成分来探讨联觉体验和真实体验之间的差异。如有研究者利用 N1, P3b, 及 pSW (positive Slow Wave) 三个成分来观察诱发空间感的时间线索 (一年当中的不同月份诱发不同的空间位置感觉) 是否能够有效地转移时间-空间联觉者的注意力以及产生相应的知觉后效 (Teuscher, Brang, Ramachandran, & Coulson, 2010), 这是因为在前人的研究中早已发现 N1 的晚成分和空间注意有关, P3b 和诱发刺激的出现频率、刺激的显著性有

关, pSW 是随 P3b 产生的小于 2Hz 的低空频波。这些成分可以帮助确定联觉所导致的脑激活与真实刺激所导致的激活是否相似。还有研究者利用 N400 成分在 Stroop 任务中对反应冲突情况敏感的特性来探测意识对面孔-颜色联觉者的联觉体验重要性 (Terhune, Cardeña, & Lindgren, 2010)。事实证明, 利用现有已知的 ERP 成分探测联觉体验的产生是可行的, 但可能还存在一些关于联觉的特异 ERP 成分, 这有待于将来在实验设计和方法上作出突破。

2.3 基于强联觉的理论建构

国内外已有相当多的研究试图解释强联觉产生的原因, 并建构了相关的脑机制模型和假说。但这些模型和假说都还处于建构阶段, 未能在业界形成广泛统一的认可, 均需要更多的证据加以支持和补充说明。但总的来说, 这些理论模型都围绕着一个主题在讨论, 那就是联觉者的大脑结构具有特异性吗? 如果有的话, 是哪些? 如果没有, 那是是什么原因导致联觉现象的? 分析现有的理论模型, 可以把当前的理论模型分成两派, 一派认为联觉者和非联觉者的大脑结构是有差异的, 而另一派则认为没有, 联觉是由加工的特异性所导致的。

2.3.1 主张结构差异的理论模型:

关于大脑结构性差异的假设目前有两种, 一种是神经通路变异假说, 偏向于认为这种差异是天生的、自然发育导致的; 第二种是相邻交叉激活模型, 认为脑区的相邻导致了后天长期特异性的加工, 从而对大脑产生了结构性的改变。

神经通路变异假说认为强烈跨通道调节效应是神经生物通路改变的结果, 即正常的模块化加工遭到破坏或者在神经通路上受到重新组合, 形成新的通路和联结 (Bargary & Mitchell, 2008; Michael, et al., 2010)。持该观点的还认为所有新生儿在出生伊始有可能只有一种感觉, 都是某种形式的联觉者。但联觉者在新生儿阶段其大脑的分化 (pruning) 过程可能受到抑制, 导致他们到后来还保留了这个能力 (Mächler, 2009)。这个观点得到一些研究结果的支持, 如发现字形-颜色联觉者的大脑灰质体积在某些部位更大些 (Weiss & Fink, 2008), 而且其不同脑区的神经联结更强 (Mächler, 2009)。还有一类证据来自于大脑偏侧化的机理, 如有研究发现, 由于大脑功能偏侧化的缘故, 右侧大脑对热的感觉更敏感, 而左侧大脑对冷的感

觉更敏感,当颜色-温度联觉者用右鼻孔去嗅某种颜色时,才能够感觉到一种冷凉的感觉;而用左鼻孔去嗅另一种颜色时,才能够感受到温热的感觉(Michael et al., 2010)。

还有研究者提出“相邻理论”(Adjacency Theory) (Ramachandran & Hubbard, 2001),认为联觉的产生是因为负责跨通道信息加工的脑区是相邻的。如在字形-颜色联觉现象中,字形的再认区位于左梭状回,与V4颜色区相邻。但是另有研究在探讨字形-味觉联觉时发现,味觉皮层分布在大脑两侧的前额叶、顶盖(parietal opercula)及脑岛(insula)。这几个区域明显和左梭状回的字形再认区不相邻,也离Wernicke音素区很远。尽管所有的感觉通道和内脏环境(visceral milieu)在脑岛得到表征,而且脑岛参与言语知觉和产生的过程,但仅仅相邻是不足以充分解释联觉的机制的(Cytowic, 2003)。后来提出的交叉激活模型(Cross-Activation Model)在相邻理论的基础上作出了进一步的假设,认为脑区的相邻导致了不同脑区间的超联接(hyperconnectivity),改变了大脑的神经加工通路,并引起大脑结构的变化。研究者以字形-颜色联觉者为例,认为字形-颜色联觉的产生是由于涉及字形加工的后颞字形区(posterior temporal grapheme areas, PTGA)和邻近的位于梭状回和舌沟(lingual sulcus)的颜色加工区(V4)之间有超联结(Brang, Hubbard, et al., 2010)。这个模型强调了超联结的作用,认为正是这种超联结导致了跨通道的激活。有好几个研究结果证实了这个观点,如发现字形-颜色联觉者的下颞皮层(inferior temporal lobe)和非联觉者明显不一样(Rouw & Scholte, 2007),而且联觉者不仅灰质体积要大一些(Jäncke, Beeli, Eulig, & Hanggi, 2009; Weiss & Fink, 2008),颜色选择区域(包括V4)也要大些(Hubbard, Arman, Ramachandran, & Boynton, 2005; Rouw & Scholte, 2007; Sperling, Prvulovic, Linden, Singer, & Stirn, 2006)。也有用时间和空间分辨率均较好的MEG技术来探测字形和颜色激活时间和激活区域,发现两者不仅区域相邻,而且更重要的是时间几乎是同时的(Brang, Hubbard, et al., 2010),进一步支持了字形区和颜色激活区的超联结方式。

2.3.2 主张加工特异性的理论模型

主张加工特异性的理论模型比较繁多,并各

持一方观点,没有哪种观点得到广泛认可。这可能是源于人们至今还未彻底揭示各种联觉现象的加工过程及其本质,各理论模型间的交叉点和独特性还未得到圆满的解释,由此也可知这方面的研究工作还有待进一步加强。主张加工特异性的理论模型大致有四种,具体内容如下:

习得论认为强烈跨通道调节效应是学习的结果,是个体对不同感觉间的对应关系进行长期学习和体验后形成的跨通道间的对应(Michael et al., 2010)。联觉习得的观点得到所有语言联觉以及食物味觉方面的支持,因为语言和食物味道的体验是通过后天经验习得的,所有和语言及食物味道一一对应的关系也都应该是后天逐步形成的。如语言的音素、字形、语素、字词、词汇重音和词汇语义等均能触发联觉体验,某些词汇也能诱发某种特别食物的味道(如“slope”可以诱发熟透瓜果的味道)。因此可以说后天的学习在联觉形成过程中起到不可忽略的作用(Simner, 2007)。

然而Cohen Kadosh & Walsh (2008)认为结构性差异的观点并不成熟,那只表明了一种相关的关系,不能表明导致联觉产生的原因。一个可行的观点是联觉者与非联觉者并没有皮层结构上的差异,而是由于脑区皮层抑制的解脱(Cortical Disinhibition Hypothesis)造成的。基于这个理论,研究者还进一步提出了两个假设:脑区间的抑制解脱和脑区内的抑制解脱。发育早期不同脑区间的抑制解脱可能最终导致了不同皮层的联结方式,这就好比Hebb规则(Hebb's rule)所说的很多个细胞同时激活最终导致突触力量的显著增强。抑制解脱假设得到一些研究的支持(Brosch, Selezneva, & Scheich, 2005; Fitzgibbon, Giummarra, Georgiou-Karistianis, Enticott, & Bradshaw, 2010)。也有研究者把这种模型叫做皮层抑制解脱反馈模型(cortical disinhibited feedback model),是基于对字形-颜色联觉的研究提出的,认为这种联觉是由于先前的反馈联结抑制得到解除造成的。在这个研究中,作者采用MEG来探测V4区和PTGA区激活的机会是否是同时的(如交叉激活理论所说的那样),或者说V4的激活仅仅只在最初的字形加工阶段完成后才发生(如反馈抑制解除理论所预测的那样)。结果发现,联觉者在PTGA区的激活水平和控制组被试的没有显著差异(表明他们有相似的字形加工机制),而联觉者V4区的激活显

著大于控制组被试(Brang, Hubbard, et al., 2010), 支持了皮层抑制解脱假说。

和皮层抑制解脱假设有些不一样的是基于字形-颜色联觉类型提出的重复加工模型(Re-Entrant Processing) (Hubbard, 2007; Smilek, Dixon, Cudahy, & Merikle, 2001; Myles, Dixon, Smilek, & Merikle, 2003)。该模型认为由于受到认知加工环境中自上而下信息的影响, 形状信息在从正常的V1区传导到V4区, 然后从后下颞叶区(posterior inferior temporal region)传入前下颞叶区时, 神经传输发生了异常, 导致信息从前下颞叶区重新进入后下颞叶区和V4区, 得到二次加工, 由此导致颜色的联觉。

还有研究者从信息整合的角度解释强联觉现象, 提出超捆绑式(Hyper-Binding)理论假说(Esterman et al., 2006; Hubbard, 2007; Robertson, 2003)。该理论认为由于大脑的顶叶负责整合各种信息的不同特征, 但在过度激活的情况下顶叶的这种整合机制会把一些不“应该”捆绑的特征整合在一起了。这个理论从某种角度看与前文所述的交叉激活模型有相似之处, 认为联觉产生的根本原因是发生了过度激活, 但不同的是超捆绑式理论假说并不认为由此导致了大脑结构的变化。

最近还有人提出层叠交叉调节式(cascaded cross-tuning, CCT)联觉者模型来解释字形-颜色联觉现象(Brang, Hubbard, et al., 2010), 认为在联觉者中字形区和V4颜色区之间的联结处于一种竞争状态, 而联觉到的颜色在字形还未被整合时胜出。该模型预测那些共享某些特征(如线条、曲线等)的字形应该激活相似的联觉色彩, 而相关的研究结果证实了这个假设, 表明在形状上更相似的字形, 其相应的联觉色彩也更相似, 支持了CCT的联觉模型, 表明诱发联觉色彩的过程发生在知觉加工的早期。

2.4 强联觉与其它认知能力的关系

除了关注联觉现象的脑机制, 研究者们还想知道联觉的加工到底出现在认知加工的哪个阶段, 有哪些后效的影响或影响因素(Ward & Mattingley, 2006)等。尽管到目前为止对这几个问题还没有十分明确的答案, 但是研究者已从联觉与注意力、记忆力、创造力及认知加工方式的关系上获得了某些启示, 如发现注意力是调节联觉的一个重要因素(Rich & Mattingley, 2010; Smilek, Callejas,

Dixon, & Merikle, 2007; Smilek, Dixon, & Merikle, 2003; Palmeri, Blake, Marois, Flanery, & Whetsell, 2002; Sagiv, Heer, & Robertson, 2006); 某些类型的强联觉者表现出记忆的优势(Smilek et al., 2001), 尽管这种优势不是很普遍(Rothen & Meier, 2010); 还发现与高创造力有一定联系(Ward, Thompson-Lake, Ely, & Kaminski, 2008); 另外, 认知加工情境也会直接影响联觉者的联觉体验(Barnett & Newell, 2008; Dixon, Smilek, Duffy, Zanna, & Merikle, 2006; Jansari, Spiller, & Redfern, 2006)。所有这些证据表明, 虽然联觉的加工阶段还不是很明朗, 但至少我们知道联觉的产生可能是无意识的, 而且联觉的类型对联觉者在其它认知能力(如创造力)上的表现起到不可忽略的作用。对于联觉的认知加工与其它认知能力间的关系还有待进一步研究。

3 弱联觉研究

弱联觉最主要的表现形式为联觉隐喻。联觉隐喻是隐喻的一种, 属于概念性隐喻。它以语言文字为依托, 关注的是联觉体验在文字上的建构而不是多种感知觉的建构(Tsur, 1992), 反映的是思维的方式和内容。隐喻的认知理论认为隐喻在人们的生活中是无处不在的, 它是人们理解抽象事物并形成相关概念的一种方法和手段(e.g.: Lakoff, 1986; 1987, 1993; Lakoff & Johnson, 1980, 1999; Lakoff & Turner, 1989; Turner, 1991)。早先认知语言学家就隐喻的认知加工机制提出的理想化认知模型(idealized cognitive models, ICMs) (Lakoff, 1987)将语言加工分为四种类型: 命题(propositional)、意象图式(image-schematic)、隐喻(metaphoric)、转喻(metonymic)和象征(symbolic)。其中意象图式被认为是最基本的一种认知模式, 人类在形成各种概念之前均在这个层面形成最基本的感知觉体验, 这些体验在后期人类与外界更为频繁与复杂地交互过程中, 通过格式塔知觉、肌肉运动及相应丰富的心理表象, 形成更为复杂的体验和概念(Lakoff, 1987)。

研究者认为联觉隐喻的认知模式主要由意象图式(image-schema)和隐喻两部分组成, 即某一感官范畴的认知域对另一感官范畴的认知域的映射, 抑或源域(source domain)对目标域(target domain)的映射(王志红, 2005)。人类的感知觉通道

分为五种,由低到高依次为:触觉、味觉、嗅觉、听觉和视觉(Yu, 2003)。而文学创作上的联觉在不同感知觉域间的投射并不是随意的,而是有选择性的,表现在它们跨通道转移的方向上。如 Ullmann (1959, 转引自 Yu, 2003)在研究了英文、法文和匈牙利文的诗歌后提出文学上的联觉,不论种族、年龄、国籍或性格,存在着共同的理解基础,表现在三种相似的联觉倾向上:a)层次分布:不同感知觉通道间的转换通常是由低到高的,即触觉味觉嗅觉听觉视觉;b)处于最低感觉层次的触觉是建构联觉转换的主要来源;c)听觉,而不是视觉,是联觉转换的主要目的通道。Yu (2003)在研究了汉语联觉隐喻词汇之后发现,汉语联觉隐喻也大致遵循 Ullmann 所提出的几个联觉建构规律,同时发现汉语还有一些特别的地方,就是表示维度方向的词汇不仅被转化成色彩和声音,还转化成味觉和嗅觉。

总的来说,联觉隐喻的认知研究还处于尝试阶段,研究成果相对比较零散。大部分关于联觉隐喻的研究是从修辞或语言应用的角度去描述的,而这并不能从本质上揭示人类加工联觉隐喻的过程。由于联觉隐喻是隐喻的一种,但同时又具有其自身的特点,因此联觉隐喻的加工在哪些方面符合一般隐喻加工的特点,又在哪些方面有其特殊性是值得探讨的。尽管脑成像证据有力地证实了强联觉的真实存在,但作为弱联觉的联觉隐喻及其相关体验还未得到充分的脑机制方面的探索。随着越来越多的证据显示强联觉现象与大脑特定激活部位或方式之间的特定关联,相信人们也能够用同样的手段揭示弱联觉体验的认知加工机制及其脑激活方式。

4 结论与展望

人类的感觉不仅对我们与外部世界的日常交往有重要意义,还对人与人之间的日常交流有重要意义。我们常常并未意识到我们在日常谈话中有多依赖我们自身的感觉系统,我们不仅在书面上依赖它,还在日常对话中从隐喻的角度去使用它。有时一种感觉的隐喻用法比其书面用法更频繁,更有效,以至有时某个感觉只会用于隐喻形式(Salzinger, 2010)。

人类大脑可能存在普遍跨通道联结的现象,这是大脑在长期进化之后为了提升对客体和事件

的指认速度和准确率以及对合适反应的选择所获取的一种能力,只是大部分个体对这种微弱形式的跨通道交互作用没有明显的意识(Evans & Treisman 2010)。比如有研究发现不管是联觉者还是非联觉者,他们都会把音高较高的声音和更为明亮的光联系起来(Ward, Huckstep, & Tsakanikos, 2006),这个暗示了联觉在普通人身上存在的可能性。虽然强联觉现象在研究上具有一定优势,如在观察联觉者的脑激活时更容易观察到他们与非联觉者之间的差异,但考虑到强联觉者在人群中的比例毕竟占少数,在强联觉者身上所获取的研究结果对正常认知模型的借鉴具有一定的局限性,因此有必要对大多数群体所拥有的弱联觉现象进行研究和探讨,由此才可推广所建立起来的相应的认知模型。

汉语的日常用语及文学作品中充满了大量的联觉隐喻,是我们研究弱联觉现象并探究其本质的理想的材料。国内诸多研究人员对汉语隐喻的认知加工及相关ERP神经成像的研究已有较多成果(如:王小潞, 2009; 梳德明, 刘电芝, 2009),但对联觉隐喻的研究还不太普遍,最近的研究中只有段红(2010)比较了汉语和英语中味觉和嗅觉联觉隐喻的差异,并从认知神经科学和认知语言学的角度探讨了联觉隐喻体验的基础。总的说来,对于联觉隐喻的研究需要跳出纯语言研究的圈子,从认知神经信息加工的角度提供充分的实证证据与讨论。因此,未来对弱联觉(即联觉隐喻)现象的探讨还有赖于从认知神经加工的角度去分析,同时辅助以现代高科技实验技术,如眼动追踪、ERP脑电记录、fMRI等,才有望揭示其内在的工作机制和大脑加工过程。

参考文献

- 程大志, 隋光远, 陈春萍. (2009). 联觉的认知神经机制. *心理科学进展*, 17(5), 944-950.
- 段红. (2010). 味觉嗅觉通感转移模型(GO-STM)的构建及英汉对比研究. 四川外语学院.
- 梳德明, 刘电芝. (2009). 隐喻认知机制的ERP研究. *心理科学*, 32(1), 161-163.
- 王小潞. (2009). *汉语隐喻认知与ERP神经成像*. 北京: 高等教育出版社.
- 王志红. (2005). 通感隐喻的认知阐释. *修辞学习*, 3, 59-61.
- Bargary, G., & Mitchell, K. J. (2008). Synaesthesia and cortical connectivity. *Trends in Neurosciences*, 31(7),

- 335–342.
- Barnett, K. J., & Newell, F. N. (2008). Synaesthesia is associated with enhanced, self-rated visual imagery. *Consciousness and Cognition*, 17, 1032–1039.
- Baron-Cohen, S., Golan, O., Ashwin, E., Ashwin, E., & Bolton, P. (1996). Synaesthesia: Prevalence and familiarity. *Perception*, 25, 1073–1079.
- Bayarri, S., Calvo, C., Costell, E., & Duran, L. (2001). Influence of color on perception of sweetness and fruit flavor of fruit drinks. *Food Science Technology International*, 7, 399–404.
- Brang, D., Hubbard, E. M., Coulson, S., Huang, M., & Ramachandran, V. S. (2010). Magnetoencephalography reveals early activation of V4 in grapheme-color synesthesia. *NeuroImage*, 53, 268–274.
- Brang, D., Teuscher, U., Ramachandran, V. S., & Coulson, S. (2010). Temporal sequences, synesthetic mappings, and cultural biases: The geography of time. *Consciousness and Cognition*, 19, 311–320.
- Brosch, M., Selezneva, E., & Scheich, H. (2005). Nonauditory events of a behavioral procedure activate auditory cortex of highly trained monkeys. *Journal of Neuroscience*, 25, 6797–6806.
- Cohen Kadosh, R., Henik, A., & Walsh, V. (2007). Small is bright and big is dark in synaesthesia. *Current Biology*, 17(19), R834–R835.
- Cohen Kadosh, R., & Walsh, V. (2008). Synaesthesia and cortical connections: Cause or correlation? *Trends in Neurosciences*, 31(11), 549–550.
- Cytowic, R. E. (2003). *The Man Who Tasted Shapes*. Cambridge: MIT Press.
- Dixon, M. J., Smilek, D., Duffy, P. L., Zanna, M. P., & Merikle, P. M. (2006). The role of meaning in grapheme-colour synaesthesia. *Cortex*, 42, 243–252.
- Esterman, M., Verstynen, T., Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (2006). Coming unbound: disrupting automatic integration of synesthetic color and graphemes by transcranial magnetic stimulation of the right parietal lobe. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(9), 1570–1576.
- Evans, K. K., & Treisman, A. (2010). Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision*, 10(1), 1–12.
- Fitzgibbon, B. M., Giummarra, M. J., Georgiou-Karistianis, N., Enticott, P. G., & Bradshaw, J. L. (2010). Shared pain: From empathy to synaesthesia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 500–512.
- Hubbard, E. M. (2007). Neurophysiology of synesthesia. *Current Psychiatry Reports*, 9(3), 193–199.
- Hubbard, E. M. (2008). The sounds of moving patterns. *Current Biology*, 18(15), R657–R658.
- Hubbard, E. M., Arman, A. C., Ramachandran, V. S., & Boynton, G. M. (2005). Individual differences among grapheme-color synesthetes: Brain-behavior correlations. *Neuron*, 45, 975–985.
- Jäncke, L., Beeli, G., Eulig, C., & Hänggi, J. (2009). The neuroanatomy of grapheme-color synesthesia. *European Journal of Neuroscience*, 29, 1287–1293.
- Jansari, A. S., Spiller, M. J., & Redfern, S. (2006). Number synaesthesia: When hearing "four plus five" looks like gold. *Cortex*, 42, 253–258.
- Laeng, B., Hugdahl, K., & Specht, K. (2011). The neural correlate of colour distances revealed with competing synaesthetic and real colours. *Cortex*, 47, 320–331.
- Lakoff, G. (1986). A figure of thought. *Metaphor and Symbolic Activity*, 1(3), 215–225.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. (1993). The contemporary theory of metaphor. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and Thought* (2nd ed., pp. 202–251). Cambridge, the United Kingdom: Cambridge University Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphor We Live By*. Chicago, the United States: University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*. New York, the United States: Basic Books.
- Lakoff, G., & Turner, M. (1989). *More than Cool Reason: A Field Guide to Poetic Metaphor*. Chicago, the United States: University of Chicago Press.
- Mächler, M. J. (2009). A differentiated view of synaesthetic perceptual awareness. In *Synaesthesia and Learning*. Zürich, Switzerland: Swiss federal institute of technology Zurich.
- Martino, G., & Marks, L. E. (2007). Synesthesia: strong and weak. In B. A. Spellman & D. T. Willingham (Eds.), *Current Directions in Cognitive Science*. Beijing, China: Beijing Normal University Press.
- Michael, G. A., Galich, H., Relland, S., & Prud'hon, S. (2010). Hot colors: The nature and specificity of color-induced nasal thermal sensations. *Behavioural Brain Research*, 207, 418–428.
- Michael, G. A., & Rolhion, P. (2008). Color-induced nasal thermal sensations. *Neuroscience Letters*, 436, 141–144.
- Mulvenna, C., & Walsh, V. (2005). Synaesthesia. *Current Biology*, 15(11), R399–R400.
- Myles, K. M., Dixon, M. J., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2003). Seeing double: The role of meaning in alphanumeric-colour synaesthesia. *Brain and Cognition*, 53(2), 342–345.

- Noesselt, T., Rieger, J. W., Schoenfeld, M. A., Kanowski, M., Hinrichs, H., Heinze, H. J., et al. (2007). Audiovisual temporal correspondence modulates human multisensory superior temporal sulcus plus primary sensory cortices. *Journal of Neuroscience*, 27, 11431–11441.
- Österbauer, R. A., Matthews, P. M., Jenkinson, M., Beckmann, C. F., Hansen, P. C., & Calvert, G. A. (2005). Color of scents: Chromatic stimuli modulate odor responses in the human brain. *Journal of Neurophysiology*, 93, 3434–3441.
- Palmeri, T. J., Blake, R., Marois, R., Flanery, M. A., & Whetsell, W., Jr. (2002). The perceptual reality of synesthetic colors. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 99(6), 4127–4131.
- Pearce, J. M. S. (2007). Synaesthesia. *European Neurology*, 57, 120–124.
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268, 979–983.
- Rich, A. N., & Mattingley, J. B. (2010). Out of sight, out of mind: The attentional blink can eliminate synaesthetic colours. *Cognition*, 114, 320–328.
- Robertson, L. C. (2003). Binding, spatial attention and perceptual awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(2), 93–102.
- Rothen, N., & Meier, B. (2010). Grapheme-colour synaesthesia yields an ordinary rather than extraordinary memory advantage: Evidence from a group study. *Memory*, 18(3), 258–264.
- Rouw, R., & Scholte, H. S. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. *Nature Neuroscience*, 10(6), 792–797.
- Sagiv, N., Heer, J., & Robertson, L. (2006). Does binding of synesthetic color to the evoking grapheme require attention? *Cortex*, 42, 232–242.
- Salzinger, J. (2010). The sweet smell of red—an interplay of synaesthesia and metaphor in language. *Metaphorik.de*, 18, 57–91.
- Simner, J. (2007). Beyond perception: Synaesthesia as a psycholinguistic phenomenon. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(1), 23–29.
- Simner, J. (2009). Synaesthetic visuo-spatial forms: Viewing sequences in space. *Cortex*, 45, 1138–1147.
- Simner, J., & Haywood, S. L. (2009). Tasty non-words and neighbours: The cognitive roots of lexical-gustatory synaesthesia. *Cognition*, 110, 171–181.
- Simner, J. & Holenstein, E. (2007). Ordinal linguistic personification as a variant of synesthesia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(4), 694–703.
- Simner, J., Mulvenna, C., Sagiv, N., Tsakanikos, E., Witherby, S. A., Fraser, C., et al. (2006). Synaesthesia: The prevalence of atypical cross-modal experiences. *Perception*, 35(8), 1024–1033.
- Smilek, D., Callejas, A., Dixon, M. J., & Merikle, P. M. (2007). Ovals of time: Time-space associations in synaesthesia. *Consciousness and Cognition*, 16(2), 507–519.
- Smilek, D., Dixon, M. J., Cudahy, C. & Merikle, P. M. (2001). Synaesthetic photisms influence visual perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 930–936.
- Smilek, D., Dixon, M. J., & Merikle, P. M. (2003). Synaesthetic photisms guide attention. *Brain and Cognition*, 53, 364–367.
- Spector, F., & Maurer, D. (2009). Synesthesia: A new approach to understanding the development of perception. *Developmental Psychology*, 45(1), 175–189.
- Spence, C., & Gallace, A. (2011). Tasting shapes and words. *Food Quality and Preference*, 22(3), 290–295.
- Sperling, J. M., Prvulovic, D., Linden, D. E. J., Singer, W., & Stirn, A. (2006). Neuronal correlates of colour-graphemic synaesthesia: fMRI study. *Cortex*, 42, 295–303.
- Stevenson, R. J., Tomiczek, C., & Oaten, M. (2007). Olfactory hedonic context affects both self-report and behavioural indices of palatability. *Perception*, 36(11), 1698–1708.
- Terhune, D. B., Cardena, E., & Lindgren, M. (2010). Disruption of synaesthesia by posthypnotic suggestion: An ERP study. *Neuropsychologia*, 48, 3360–3364.
- Teuscher, U., Brang, D., Ramachandran, V. S., & Coulson, S. (2010). Spatial cueing in time-space synesthetes: An event-related brain potential study. *Brain and Cognition*, 74(1), 35–46.
- Tsur, R. (1992). *Toward a Theory of Cognitive Poetics* (p. 580). Amsterdam, the Netherlands: Elsevier (North Holland) Science Publishers.
- Turner, M. (1991). *Reading Minds: The Study of English in the Age of Cognitive Science*. Princeton, the United States: Princeton University Press.
- Ward, J., Banissy, M. J., & Jonas, C. N. (2008). Haptic perception and synaesthesia. In M. Grunwald (Ed.), *Human Haptic Perception: Basics and Applications, III*, 259–265.
- Ward, J., & Cytowic, R. (2006). Synesthesia and language. In K. Brown (Ed.), *Encyclopedia of Linguistics and Language*. Oxford, the United Kingdom: Elsevier.
- Ward, J., Huckstep, B., & Tsakanikos, E. (2006). Sound-colour synaesthesia: To what extent does it use cross-modal mechanisms common to us all? *Cortex*, 42, 264–280.
- Ward, J., & Mattingley, J. B. (2006). Synaesthesia: An

- overview of contemporary findings and controversies. *Cortex*, 42, 129–136.
- Ward, J., Sagiv, N., & Butterworth, B. (2009). The impact of visuo-spatial number forms on simple arithmetic. *Cortex*, 45, 1261–1265.
- Ward, J., & Simner, J. (2003). Lexical-gustatory synaesthesia: Linguistic and conceptual factors. *Cognition*, 89, 237–261.
- Ward, J., Simner, J., & Auyeung, V. (2005). A comparison of lexical-gustatory and grapheme-colour synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 28–41.
- Ward, J., Thompson-Lake, D., Ely, R., & Kaminski, F. (2008). Synaesthesia, creativity and art: What is the link? *British Journal of Psychology*, 99, 127–141.
- Weiss, P. H., & Fink, G. R. (2008). Grapheme-colour synaesthetes show increased grey matter volumes of parietal and fusiform cortex. *Brain*, 132, 65–70.
- Yu, N. (2003). Synesthetic metaphor: A cognitive perspective. *Journal of Literary Semantics*, 32(1), 19–34.
- Zellner, D. A., & Whitten, L. A. (1999). The effect of color intensity and appropriateness on color-induced odor enhancement. *American Journal of Psychology*, 112, 588–604.

The Cognitive Processing Models of Synesthesia and Its Neuropsychological Mechanisms

LIU Si-Yun

(Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (CCNU); Ministry of Education Key Laboratory of Human Development and Mental Health of Hubei Province; School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan 430074, China)

Abstract: Synesthesia is the simultaneous perception of different senses. There are strong synesthesia and weak synesthesia, with the former referring to explicit consciousness of a second sense perception and the latter to implicit feelings evoked by word descriptions of cross-modal sensories. Previous studies have found different types of strong synesthesia and provided evidence for many of these types by presenting various related activated brain areas. Reserachers attempted to explain the brain mechanisms of strong synesthesia by suggesting several corresponding theoretical models from the perspectives of either brain structure or cognitive processing. Furthermore, this article also reviewed the relationship between strong synesthesia and other cognitive processes (e.g., attention, memory, creation), discussed the current research status about weak synesthesia, and suggested the future research trend in synesthesia.

Key words: (strong/weak)synesthesia; synesthetic models; synesthetic metaphor